

Korelasi dan Analisis Lintas Beberapa Karakter Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) pada Kondisi Normal dan Tercekam Kekeringan (*Correlations and Path Analysis of Some Characters in Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.) Under Normal and Drought Stress*)

Rosmaina^{1)*}, Sobir²⁾, Parjanto³⁾ dan Ahmad Yunus³⁾

¹⁾Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau (UIN SUSKA Riau),
Kampus Panam-Pekanbaru, Riau, Indonesia 28293

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jln. Meranti Dramaga,
Jawa Barat, Indonesia 16680

³⁾Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia 57126

E-mail: rosmaina@uin-suska.ac.id

Diterima: 19 April 2019; direvisi: 5 Juli 2019; disetujui: 15 Agustus 2019

ABSTRAK. Cekaman air merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan dan produksi tanaman termasuk cabai (*Capsicum annuum* L.). Produktivitas tanaman merupakan karakter yang kompleks sehingga hubungan antarkarakter perlu diketahui untuk mendapatkan kriteria seleksi yang tepat untuk perbaikan tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui kriteria seleksi terhadap produksi tanaman cabai toleran kekeringan pada fase pembungaan. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga taraf cekaman air, yaitu 100% kapasitas lapang (kontrol), 50% kapasitas lapang (*medium stress*), dan 25% kapasitas lapang (*extreme stress*). Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa berbagai karakter yang diamati memperlihatkan perbedaan asosiasi dengan level cekaman kekeringan. Karakter panjang akar tidak dapat digunakan sebagai kriteria seleksi tanaman cabai yang toleran terhadap kekeringan karena panjang akar tidak berkorelasi secara signifikan dengan bobot buah per tanaman pada 50% dan 25% kapasitas lapang. Berdasarkan korelasi dan analisis lintas pada kondisi normal (100% kapasitas lapang) dan kondisi tercekam (50% kapasitas lapang), karakter jumlah buah dan persentase *fruit set* berkorelasi positif dan berpengaruh langsung terhadap bobot buah per tanaman sehingga dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk perbaikan tanaman cabai yang toleran kekeringan.

Kata kunci: Cekaman air; Cekaman kekeringan; Kriteria seleksi; Cabai; *Capsicum annuum* L.

ABSTRACT. Water stress is one of limiting factors for plant growth and production, including chili (*Capsicum annuum* L.). Plant productivity is a complex character so the relationship between characters needs to be known to get the right selection criteria for crop improvement. This study aimed to determine the selection criteria for the production of drought-tolerant chili pepper at the flowering phase. The research arranged under completely randomized design with three levels of water stress, namely 100% water field capacity (control), 50% water field capacity (medium stress) and 25% water field capacity (extreme stress). The results of the correlation analysis showed that the various characters observed exhibited differences associations with drought stress levels. Root length cannot be used for selection criterium of drought tolerant on chili because it was no positive significantly correlated to fruit weight per plant at 50% and 25% water field capacity. Based on correlation and path analysis in normal and drought conditions, the number of fruits and percentage of fruit set can be used as selection criteria for genetic improvement of drought-tolerant on chili plants because these characters were significantly positively correlated and had a direct effect on fruit weight of the plant.

Keywords: Water stress; Drought stress; Selection criteria; Chili; *Capsicum annuum* L.

Cekaman air merupakan salah satu cekaman abiotik paling memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman hortikultura. Kekurangan air menyebabkan penurunan produksi tanaman akibat terhambatnya metabolisme, fotosintesis, konduktivitas stomata, dan translokasi unsur hara (De Souza *et al.* 2005; Mafakheri *et al.* 2010; Ou & Zou 2012; Sam-Amoah, Darko & Owusu-Sekyer 2013; Penella *et al.* 2014). Besarnya pengaruh cekaman kekeringan pada tanaman berbeda-beda, tergantung

genotipe, intensitas cekaman, durasi cekaman, dan fase pertumbuhan tanaman. Pengaruh cekaman sangat kompleks, melibatkan interaksi antara faktor-faktor cekaman dengan proses molekuler, biokimia, dan fisiologi yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kamanga, Mbega & Ndakidemi 2018; Jaimez *et al.* 2000; Pascale, Ruggiero & Barbieri 2003; Semiz *et al.* 2014; Gunawardena & De Silva 2014; Aladenola & Madramootoo 2013).

Cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat sensitif terhadap kekurangan air, terutama pada fase pembungaan (Jäger, Fábíán & Barnabás 2008; González-Dugo, Orgaz & Fereres 2007). Beberapa laporan menyebutkan bahwa cekaman kekeringan menurunkan produksi tanaman cabai secara nyata (R'Him & Radhouane 2015; Aladenola & Madramootoo 2013; Showemimo & Olarewaju 2007; Dagdelen *et al.* 2004). Kehilangan hasil akibat cekaman kekeringan menjadi perhatian utama petani dan pemulia agar dapat meningkatkan hasil pada kondisi air yang terbatas. Penggunaan cabai toleran kekeringan di daerah tropis berdampak nyata terhadap penurunan biaya produksi dan meningkatkan produktivitas tanaman (Sevik & Cetin 2015). Pengembangan tanaman cabai yang toleran terhadap kekeringan melalui pendekatan pemuliaan konvensional, membutuhkan kriteria seleksi yang dapat mengidentifikasi genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. Kriteria seleksi yang tepat sangat membantu proses skrining genotipe pada kondisi tercekam sehingga proses seleksi menjadi efektif dan efisien. Seleksi adalah teknik utama yang digunakan dalam program pemuliaan yang didasarkan pada karakter fenotipik (Allard 1999; Sleeper & Poehlman 2006).

Hubungan antarkarakter tanaman perlu diketahui untuk mendapatkan kriteria seleksi yang tepat dalam perbaikan hasil (Kalyan, Krishna, & Rao 2017). Analisis korelasi menyediakan informasi tentang asosiasi antara karakter yang diuji dan berguna untuk menyeleksi genotipe yang mempunyai idiotipe yang diinginkan. Korelasi antarkarakter terhadap hasil sangat penting dalam penentuan kriteria seleksi yang efektif dalam pemilihan genotipe unggul, di mana korelasi positif dan signifikan dari suatu karakter terhadap komponen utama maka karakter tersebut efektif dijadikan sebagai kriteria seleksi, tetapi jika hubungan korelasi negatif maka karakter tersebut tidak efektif digunakan sebagai kriteria seleksi dalam pengembangan suatu varietas (Akinyele & Osekita 2006). Produktivitas merupakan karakter yang kompleks, yang dipengaruhi oleh banyak gen. Analisis korelasi saja tidak cukup untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat antarkarakter sehingga analisis lintas (*path analysis*) antara komponen hasil dan hasil sangat penting dilakukan. Analisis lintas adalah metode analisis yang dapat digunakan oleh pemulia untuk lebih memahami karakter-karakter yang terlibat dalam hubungan antarsifat dan memisahkan korelasi yang signifikan menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil (Lorencetti *et al.* 2006; Soares *et al.* 2017).

Analisis korelasi dan koefisien lintas banyak digunakan oleh pemulia untuk membantu mengidentifikasi karakter yang berguna sebagai kriteria seleksi dalam meningkatkan produksi beberapa tanaman pada kondisi tercekam kekeringan, seperti pada tanaman cabai (Hasanuzzaman & Golam 2011; Vikram, Warshamana & Gupta 2014; Penella *et al.* 2014; Rodríguez, Depestre & Gómez 2008), tanaman Oat (*Avena sativa*) (Dumlupinar *et al.* 2012), dan tanaman padi (Ahmadikhah & Marufinia 2016). Kajian secara komprehensif tentang hubungan antarkarakter dan besarnya pengaruh masing-masing karakter terhadap hasil pada tanaman cabai baru dilaporkan terhadap peningkatan produksi pada kondisi optimal (Chakrabarty & Islam 2017; Usman *et al.* 2017; Bijalwan & Mishra 2016; Osakabe *et al.* 2014; Lavinia *et al.* 2013). Studi toleransi tanaman cabai terhadap kekeringan yang mengkorelasikan hubungan antarkarakter dan melihat seberapa besar pengaruh masing-masing karakter masih belum ada. Kajian secara komprehensif pengembangan tanaman toleran kering telah banyak dilaporkan pada tanaman lain seperti, pada tanaman gandum (Ali & El-Sadek 2016; Moosavi *et al.* 2008; Eid 2009; El-mohsen *et al.* 2015; Akçura, Partigoc & Kaya 2011), jagung (Naghavi, Pour Aboughadareh & Khalili 2013), barley (Nazari & Pakniyat 2010), dan pada bunga matahari (Yankov & Tahsin 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kriteria seleksi dalam skrining genotipe cabai toleran kekeringan. Hipotesis penelitian ini adalah adanya karakter yang dapat dijadikan kriteria seleksi pada kondisi tercekam kekeringan. Hasil studi ini akan digunakan sebagai salah satu strategi program pemuliaan cabai berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap kekeringan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca, Laboratorium Genetika dan Pemuliaan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dari bulan Maret sampai Agustus 2015. Lokasi penelitian terletak di kota Pekanbaru, dengan ketinggian wilayah ± 31 m dpl. Suhu dan kelembaban relatif harian selama penelitian dicatat di pagi hari antara pukul 07:00–08:00 rata-rata $\pm 28,5^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 78,7\%$, siang hari pada pukul 12:00–13:00 rata-rata $32\text{--}36^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 61,2\%$, dan sore hari antara 16:00–17:00, rata-rata suhu $31,8^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban 63%.

Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu tanaman cabai merah keriting lokal Riau (UINK-36) koleksi Laboratorium Pemuliaan dan Genetika Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, fungisida yang digunakan Dithane M-45 (*mankozeb* 80%) dan insektisida Curacron (*profenofos*), aseton 80%, dan *acetocarmine* 0.75% untuk analisis viabilitas polen. Alat yang digunakan yaitu *polybag*, peralatan budidaya tanaman, *petridish*, gelas objek, *cover glass*, dan mikroskop cahaya BX-60 (*Olympus*).

Prosedur

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga taraf cakaman air (kadar lengas tanah), yaitu: 100% kapasitas lapang (sebagai kontrol), 50% kapasitas lapang (*medium stress*), dan 25% kapasitas lapang (*ekstrim stress*). Setiap perlakuan diulang sebanyak 20 kali sehingga diperoleh 60 unit percobaan. Penentuan kelengasan media menggunakan metode gravimetrik, yaitu dengan cara media tanah yang telah diayak dimasukkan dalam *polybag* sebanyak 10 kg (bobot awal) kemudian diberi air sampai jenuh, lalu dibiarkan menetes selama 24 jam, selanjutnya *polybag* ditimbang kembali (bobot akhir). Kapasitas lapang (100%) merupakan pengurangan dari bobot akhir dengan bobot awal. Perlakuan cekaman kering diberikan sesuai kapasitas lapang yang diujikan yaitu dengan cara menimbang *polybag* beserta tanamannya setiap hari, kemudian kebutuhan air ditambahkan sesuai perlakuan.

Benih cabai ditanam di *polybag* berukuran 8 cm x 10 cm. Setelah berumur 4 minggu, semaian dipindahkan ke dalam *polybag* ukuran 10 kg yang berisi campuran tanah dan kompos (3:1). Perlakuan cekaman diberikan pada saat tanaman telah berbunga (1 minggu setelah berbunga). Selama percobaan, tanaman tidak diberi pemupukan untuk menghindari pengaruh lain selain cekaman air. Pengamatan dilakukan terhadap:

1. Tinggi tanaman (cm), diukur dari permukaan tanah sampai titik tumbuh tanaman tertinggi, setelah panen pertama.
2. Tinggi dikotomus (cm), diukur dari permukaan tanah sampai percabangan pertama, setelah panen pertama (cm).
3. Diameter batang (cm), diukur 10 cm dari pangkal setelah panen pertama.
4. Umur panen (hari sebelum tanam/HST), dihitung pada saat panen pertama.
5. Jumlah bunga rontok, dihitung setiap hari dari awal cekaman hingga 4 minggu cekaman.
6. Persentase bunga rontok, adalah jumlah bunga rontok dibagi dengan total bunga terbentuk.
7. Viabilitas polen, pengamatan dilakukan dengan cara mengambil bunga yang mekar pada saat pagi hari (2 minggu setelah cekaman), sebanyak tiga bunga per perlakuan, selanjutnya butiran polen diletakkan di atas gelas objek kemudian ditetesi dengan 0,75% aceto-carmine, dan diamati menggunakan mikroskop Olympus BX-60 (Olympus America, Melville, N.Y.).
8. Jumlah buah, dihitung semua buah yang terbentuk.
9. Persentase terbentuk buah, dihitung dengan cara membandingkan jumlah buah terbentuk dibagi dengan total bunga yang terbentuk.
10. Jumlah buah yang dapat dipanen per tanaman, menghitung semua buah yang dapat dipanen.
11. Bobot buah per buah (g), diukur dengan menimbang bobot masing-masing buah pada 10 buah pertanaman pada panen kedua.
12. Bobot buah per tanaman (g), dihitung dengan menimbang bobot semua buah dalam satu tanaman.
13. Panjang buah (cm), diukur dari pangkal tangkai buah hingga ujung buah.
14. Diameter buah (cm), diameter buah diukur pada bagian tengah buah dari 10 buah per tanaman pada saat panen kedua.
15. Jumlah biji per buah, dihitung jumlah biji yang terbentuk dari 10 buah pertanaman.
16. Bobot basah tajuk (g), pengukuran bobot basah tajuk dilakukan pada akhir penelitian dengan cara tanaman dipotong hingga batas leher akar kemudian ditimbang.
17. Bobot kering tajuk (g), tanaman dipotong hingga batas leher akar, kemudian dikeringkan dalam oven selama 48 jam dengan suhu 80°C, kemudian ditimbang bobot kering tajuknya.
18. Bobot basah akar (g), pengukuran bobot basah akar dilakukan pada akhir penelitian dengan cara membongkar *polybag* secara perlahan agar akar tidak rusak, kemudian dibersihkan dari tanah yang menempel lalu ditimbang. Pengukuran dilakukan saat terakhir pengamatan.
19. Bobot kering akar (g), penimbangan bobot kering akar dilakukan setelah akar per rumpun dikeringkan dalam oven selama 48 jam dengan suhu 80°C, lalu ditimbang.
20. Panjang akar (cm), pengukuran panjang akar dilakukan dengan mengukur akar terpanjang setelah dibersihkan dari tanah yang menempel. Pengukuran dilakukan saat terakhir pengamatan

Analisis Data

Analisis korelasi dilakukan mengikuti metode Gomez & Gomez (1984) dengan formula:

$$r = \frac{\sum x_1 x_2}{\sqrt{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2)}}$$

di mana: r adalah koefisien korelasi, x_1 dan x_2 adalah variabel-variabel yang diobservasi. Perhitungan analisis lintas mengikuti formulasi Singh & Chaudhary (1979), yaitu:

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \\ r \\ \dots \\ r \end{bmatrix}$$

$\underset{D}{\text{D}}$ $\underset{C}{\text{C}}$ $\underset{r}{\text{r}}$

Berdasarkan formula di atas, nilai C dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$C_i = R_x^{-1} R_y C_i = R_x^{-1} R_y$, di mana $R_x R_x$: matriks korelasi antarpeubah bebas; $R_x^{-1} R_x^{-1}$: invers matriks $R_x R_x$; $C_i C_i$: vektor koefisien lintasan yang menunjukkan pengaruh langsung setiap peubah bebas yang telah dibakukan terhadap peubah tak bebas; $R_y R_y$: vektor koefisien korelasi antara peubah bebas X_i ($i=1,2,\dots,p$) dengan peubah tak bebas Y . Analisis korelasi dan analisis lintas dilakukan dengan menggunakan *software Statistical Analysis System* (SAS) versi 9.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Antarkarakter

Produksi tanaman merupakan hasil interaksi beberapa karakter yang saling berhubungan. Korelasi antar karakter menunjukkan hubungan antara dua karakter yang dapat menentukan kriteria seleksi untuk perbaikan tanaman. Hasil analisis korelasi antar karakter yang saling berkorelasi terhadap hasil dan karakter lainnya pada tiga tingkat kapasitas lapang air tanah, yaitu 100% (kontrol), 50% (*medium stress*) dan 25% (*extreme stress*) disajikan pada Tabel 1. Pada kondisi normal (100% kapasitas lapang) terdapat empat karakter yang berkorelasi signifikan dengan hasil (bobot buah per tanaman), yaitu diameter buah, persentase bunga rontok, persentase buah terbentuk, dan jumlah buah. Dari empat karakter tersebut, hanya karakter persentase bunga rontok yang berkorelasi negatif signifikan terhadap hasil dengan koefisien korelasi -0,93, sedangkan tiga karakter lain memiliki korelasi signifikan dan positif, dengan koefisien

korelasi, yaitu 0,73 untuk karakter diameter buah, 0,93 untuk karakter persentase buah terbentuk dan 0,70 untuk karakter jumlah buah pertanaman. Beberapa laporan menyebutkan bahwa jumlah buah memiliki koefisien korelasi positif dan signifikan terhadap hasil (Ozukum *et al.* 2019; Negi & Sharma 2019; Roy *et al.* 2019; Usman *et al.* 2017; Chakrabarty & Islam 2017; Vaishnavi, Khanm & Bhoomika 2017; Lavinia *et al.* 2013; Jabeen, Sofi & Wani 2009). Hal ini menegaskan bahwa bobot buah pertanaman merupakan salah satu kriteria seleksi yang penting pada cabai berdaya hasil tinggi.

Terdapat beberapa karakter yang saling berkorelasi pada 100% kapasitas lapang, yaitu bobot basah tajuk hanya berkorelasi positif dan signifikan terhadap total bunga terbentuk (0,66), dan total bunga terbentuk berkorelasi positif dan signifikan terhadap jumlah buah (0,74), sedangkan panjang buah memiliki korelasi positif signifikan terhadap bobot buah (0,89) (Tabel 1). Hasil tersebut menerangkan bahwa bobot basah tajuk yang tinggi akan menyebabkan total bunga terbentuk yang tinggi, karena meningkatnya aktivitas fotosintesis pada tajuk sehingga ketersediaan fotosintat meningkat dan digunakan untuk pembentukan bunga. Banyaknya bunga yang terbentuk akan meningkatkan jumlah buah. Karakter panjang buah memiliki korelasi positif signifikan terhadap bobot buah (0,89). Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang buah akan menyebabkan bobot buah juga semakin tinggi.

Pada cekaman medium (50% kapasitas lapang), terdapat tiga karakter yang berkorelasi signifikan terhadap hasil, yaitu persentase bunga rontok (-0,93) dan persentase *fruit set* (0,93) berkorelasi positif signifikan terhadap jumlah buah (0,92) seperti terlihat pada Tabel 1. Selain itu, karakter jumlah buah berkorelasi negatif signifikan terhadap persentase bunga rontok (-0,94) dan persentase *fruit set* (0,94), sedangkan karakter panjang buah berkorelasi positif (0,81) dan signifikan dengan bobot buah. Fase reproduktif dan polinasi merupakan stadia pertumbuhan yang sangat peka terhadap cekaman kekeringan pada tanaman cabai (Dagdelen *et al.* 2004; Ismail 2010). Cekaman kekeringan yang terjadi pada masa pembungaan menurunkan jumlah bunga yang terbentuk sebesar 28–32% dan menghambat pembentukan buah (Dagdelen *et al.* 2004; Gencoglan *et al.* 2006). Hal ini karena kekurangan air menurunkan jumlah bunga yang terbentuk, menurunkan viabilitas polen, merusak pistil dan berdampak terhadap jumlah buah yang terbentuk (Falcetti *et al.* 1995).

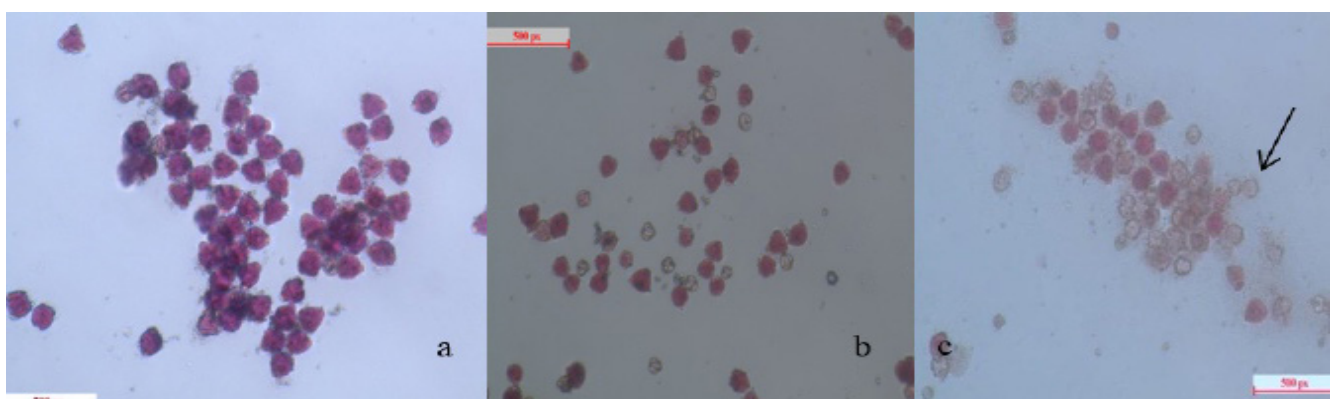
Pada cekaman ekstrim (25% kapasitas lapang), karakter persentase bunga rontok memiliki korelasi negatif signifikan terhadap bobot buah per tanaman

(-0,87). Karakter ini konsisten berkorelasi negatif signifikan terhadap hasil pada tiga taraf cekaman yang diberikan. Hal ini menjelaskan bahwa peningkatan bunga rontok bertanggung jawab terhadap penurunan hasil. Makin tinggi bunga rontok maka makin sedikit jumlah buah yang terbentuk. Baigorri, Antolin & Sanchez-Diaz (1999) melaporkan cekaman kekeringan yang diberikan pada tanaman *Pisum sativum* pada fase generatif meningkatkan jumlah bunga rontok sehingga menurunkan jumlah buah, sedangkan cekaman kekeringan yang diberikan pada fase vegetatif meningkatkan persentase bunga rontok sampai 90% (Rosmaina et al. 2018). Fang et al. (2010) melaporkan tingginya persentase kerontokan bunga akibat cekaman kering juga dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan, selain itu makin tinggi cekaman air, makin tinggi persentase kerontokan bunga. Kerontokan bunga diduga sangat erat kaitannya dengan viabilitas polen. Hasil studi ini menunjukkan pada kondisi tercekam air viabilitas polen mengalami penurunan sehingga diduga penyerbukan tidak dapat terjadi. Kondisi polen yang mengalami cekaman kekeringan dapat dilihat pada Gambar 1, di mana polen viabel (fertil) dapat menyerap zat warna (berwarna merah), sedangkan polen yang tidak viabel (steril) tidak mampu menyerap zat warna. Pada kondisi tercekam kekeringan fertilitas polen mengalami penurunan karena penurunan sintesis sukrosa, penurunan kandungan pati dan produksi *adenosine triphosphate* (ATP) pada anther berkurang (Hu et al. 2019; Fang et al. 2010), selanjutnya Shen et al. (2019) menambahkan penurunan viabilitas polen terjadi karena adanya ketidak-seimbangan *ethylene* dan *polyamines* pada saat perkecambahan polen.

Karakter jumlah buah dan persentase *fruit set* memiliki korelasi positif signifikan terhadap bobot buah per tanaman dengan nilai adalah 0,95 dan 0,87

seperti terlihat pada Tabel 1, sedangkan karakter lainnya berkorelasi tidak signifikan terhadap bobot buah per tanaman. Selain itu, karakter jumlah buah memiliki korelasi signifikan positif terhadap jumlah bunga terbentuk (0,67) dan persentase *fruit set* (0,84) tetapi berkorelasi signifikan negatif terhadap persentase bunga rontok (-0,84).

Berdasarkan analisis korelasi antarkarakter terlihat bahwa panjang akar hanya berkorelasi positif dan signifikan terhadap total bunga terbentuk (0,77) tetapi tidak berkorelasi terhadap karakter lainnya. Rosmaina et al. (2018) melaporkan, panjang akar memiliki korelasi positif terhadap bobot basah tajuk, tetapi tidak berkorelasi terhadap hasil pada cekaman di fase vegetatif. Berdasarkan hasil kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa panjang akar tidak efektif digunakan sebagai kriteria seleksi karena hanya meningkatkan bobot basah tajuk dan meningkatkan kemampuan tanaman bertahan pada kondisi tercekam kering, tetapi tidak meningkatkan produksi. Penelitian Tang et al. (2019) melaporkan bahwa cekaman kering yang tidak signifikan meningkatkan panjang akar tetapi genotipe yang berbeda menunjukkan respon yang berbeda. Tipe pertumbuhan akar merupakan karakter konstitutif dan bukan karakter adaptasi (Blum 2005). Karakter konstitutif adalah karakter yang selalu muncul (ada/tidak ada cekaman) tidak tergantung dengan cekaman yang diberikan seperti tipe pertumbuhan akar, anatomi daun (berlilin, ada atau tidaknya bulu dan warna daun), indeks luas daun yang lebih kecil dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi toleransi terhadap kering. Karakter adaptasi adalah karakter yang akan muncul jika terinduksi oleh cekaman seperti akumulasi *compatible solute* (gula, prolin, ion kalium). Blum (2005) menyatakan bahwa karakter konstitutif lebih berperan dibandingkan karakter adaptasi



Gambar 1. Polen viabel berwarna merah, polen yang tidak viabel tidak mampu menyerap zat warna (tanda panah). [a] polen pada 100% kapasitas lapang, [b] polen pada 50% kapasitas lapang dan [c] polen pada 25% kapasitas lapang [*Viable pollen is red color, unviable pollen is unable to absorb the dye (arrow)*]. [a] pollen at 100% of field capacity, [b] pollen at 50% of field capacity and [c] pollen at 25% of field capacity]

Tabel 1. Nilai koefisien korelasi antarkarakter terhadap hasil pada tiga taraf kapasitas lapang air tanah (100%, 50%, dan 25%) [Correlation coefficient values among characters in 100%, 50%, and 25% of field water capacity on the yield (fruit weight per plant)]

Karakter (Characters)	DB	TBT	BR (%)	BBT	PA	PV (%)	FS (%)	BB	PB	JB	BBP
DB ¹	1										
DB ²	1										
DB ³	1										
TBT ¹	0,19	1									
TBT ²	-0,05	1									
TBT ³	0,18	1									
BR(%) ¹	-0,61	-0,11	1								
BR(%) ²	-0,22	-0,15	1								
BR(%) ³	0,21	-0,21	1								
BBT ¹	0,26	0,66*	0,19	1							
BBT ²	-0,11	-0,34	0,57	1							
BBT ³	-0,28	0,40	-0,23	1							
PA ¹	0,28	0,77*	0,10	0,49	1						
PA ²	-0,23	-0,29	0,58	0,46	1						
PA ³	-0,20	0,20	0,79	0,29	1						
PV ¹	-0,23	0,15	0,70*	0,23	0,13	1					
PV ²	-0,25	-0,08	0,39	0,25	-0,29	1					
PV ³	0,04	0,20	0,26	0,01	-0,07	1					
FS ¹	0,61	-0,11	-0,99**	-0,19	-0,10	0,99	1				
FS ²	0,22	0,13	-0,99**	-0,57	-0,59	0,39	1				
FS ³	-0,21	0,21	-0,99**	0,23	-0,10	0,18	1				
BB ¹	-0,37	0,09	0,39	-0,15	-0,05	-0,40	-0,39	1			
BB ²	0,33	-0,25	0,42	-0,08	0,29	-0,44	-0,42	1			
BB ³	0,12	-0,06	0,37	-0,07	0,07	-0,45**	0,37*	1			
PB ¹	-0,32	-0,42	0,08	-0,27	-0,30	-0,46**	-0,08	0,89**	1		
PB ²	0,09	-0,55	0,48	0,00	0,62	-0,31	-0,48	0,81**	1		
PB ³	0,32	-0,10	0,21	-0,38	-0,38	-0,40	-0,21	0,70**	1		
JB ¹	0,58	0,74**	-0,56	0,39	0,57	-0,25	0,56	-0,21	0,11	1	
JB ²	0,20	0,43	-0,94**	-0,56	-0,64	0,31	0,94**	-0,38	-0,18	1	
JB ³	0,06	0,67*	-0,84**	0,34	-0,41	0,36	0,84**	0,23	-0,09	1	
BBP ¹	0,73*	0,12	-0,93**	-0,02	0,01	-0,56	0,93**	-0,26	-0,06	0,70**	1
BBP ²	0,19	0,25	-0,93**	-0,54	-0,46	0,39	0,93**	-0,23	-0,33	0,92**	1
BBP ³	0,10	0,55	-0,87**	0,16	-0,35	0,28	-0,87**	0,26	-0,09	0,95**	1

Keterangan: *signifikan pada $P < 0,05$; ** signifikan pada $P < 0,01$; ns= tidak signifikan¹=100% kapasitas lapang (100% of field water capacity), ²=50% kapasitas lapang (50% of field water capacity), ³=25% kapasitas lapang (25% of field water capacity), DB = diameter batang (stem diameter), TBT = total bunga terbentuk (total of flowers set), BR (%) = persentase bunga rontok (percentage of flowers abortion), BBT = berat basah tajuk (fresh weight of canopy), PA = panjang akar (root length), PV (%) = persentase viabilitas polen (percentage of pollen viability), FS (%) = fruitset, BB = bobot buah (fruit weight), PB=panjang buah (fruit length), JB= jumlah buah (number of fruit), BBP= bobot buah pertanaman (fruit weight per plant)

terhadap toleransi tanaman pada cekaman kering, tetapi penggunaan sejumlah kriteria seleksi secara simultan dalam suatu indeks seleksi dapat digunakan. Beberapa laporan mengatakan bahwa panjang akar dapat digunakan sebagai salah satu kriteria seleksi untuk identifikasi tahan kekeringan pada tanaman, akar memiliki peran penting dalam penyerapan dan mobilisasi unsur hara serta sangat terkait dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan (Singh *et al.* 2019; Comas *et al.* 2013; Kashiwagi *et al.* 2005). Beberapa peneliti melaporkan bahwa genotipe

dengan sistem perakaran yang dalam memiliki toleransi yang tinggi terhadap cekaman kekeringan (Raj, Devi & Gokulakrishnan 2019; Gorim & Vandenberg 2018; Kashiwagi *et al.* 2006). Sistem perakaran yang dalam memiliki kemampuan menembus lapisan tanah dalam proses penyerapan air (Comas *et al.* 2013).

Korelasi antarkarakter terhadap hasil sangat penting dalam penentuan kriteria seleksi yang efektif dalam pemilihan genotipe unggul, korelasi positif, dan signifikan terhadap komponen utama sangat efektif dijadikan sebagai kriteria seleksi, tetapi jika

hubungan korelasi negatif maka karakter tersebut tidak efektif digunakan sebagai kriteria seleksi. Berdasarkan hasil analisis korelasi bahwa karakter diameter buah, persentase buah terbentuk, dan jumlah buah dapat digunakan untuk kriteria seleksi dalam perbaikan hasil tanaman cabai pada kondisi normal (100% kapasitas lapang), sedangkan pada cekaman 50% dan 25% kapasitas lapang, karakter persentase *fruit set* dan jumlah buah dapat dipilih sebagai kriteria seleksi untuk perbaikan hasil tanaman.

Terdapat perubahan korelasi antarkarakter serta hasil pada kondisi normal dan kondisi tercekam kekeringan. Pada kondisi normal, karakter diameter buah berkorelasi signifikan dengan hasil, tetapi karakter ini tidak berkorelasi positif signifikan ketika tanaman mengalami cekaman. Hal yang sama juga terjadi pada karakter viabilitas polen dengan persentase bunga rontok, total bunga terbentuk dengan berat basah tajuk dan karakter panjang buah dengan viabilitas polen (Tabel 1). Perubahan korelasi antarkarakter pada kondisi normal dan kondisi tercekam menjelaskan bahwa karakter tersebut sangat sensitif terhadap kekurangan air. Perubahan tersebut merupakan strategi adaptasi tanaman untuk bertahan dan menyelesaikan siklus hidupnya sedangkan respon yang ditunjukkan oleh tanaman merupakan hasil interaksi genotipe dan lingkungan. Perubahan karakter yang memengaruhi hasil tanaman pada kondisi normal dan kondisi tercekam juga dilaporkan pada tanaman padi (Dwivedi *et al.* 2012) dan tanaman gandum (Razi & Assad 1999). Kemampuan tanaman untuk menyelesaikan siklus hidupnya sebelum cekaman bertambah parah dikenal dengan istilah *drought escape*. Mekanisme ini meliputi perkembangan fenologi yang cepat (umur berbunga dan umur panen yang lebih cepat), daun yang menggulung, perkembangan plastisitas (variasi dalam periode pertumbuhan bergantung pada defisit air), dan remobilisasi asimilat *pre-anthesis* ke biji (Mitra 2001).

Analisis Lintas

Korelasi antarkarakter merupakan mekanisme interaksi yang kompleks. Untuk memisahkan karakter yang mempengaruhi hasil secara langsung dan tidak langsung, dapat ditentukan melalui analisis lintas. Hasil analisis lintas pada kondisi normal (100% kapasitas lapang) terlihat bahwa jumlah bunga terbentuk memiliki pengaruh langsung tertinggi dan positif terhadap hasil yaitu 0,36, disusul jumlah buah (0,20) dan diameter buah (0,18) (Tabel 2). Ketiga karakter ini juga memiliki koefisien korelasi positif dan signifikan terhadap hasil, hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan korelasi yang benar antara karakter tersebut dengan hasil sehingga seleksi secara langsung melalui salah satu karakter tersebut berkontribusi

untuk meningkatkan hasil. Beberapa peneliti juga melaporkan bahwa jumlah buah merupakan variabel yang terkait secara langsung terhadap hasil pada tanaman cabai dan merupakan indikator seleksi yang dapat diandalkan untuk meningkatkan hasil pada kondisi normal (Usman *et al.* 2017; Vaishnavi, Khanm & Bhoomika 2017; Chakrabarty & Islam 2017). Persentase bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif terhadap hasil pada kondisi normal (100% kapasitas lapang) sehingga tidak dapat dijadikan kriteria seleksi.

Nilai sisaan (*residual effect*) analisis lintas pada kondisi normal (100% kapasitas lapang), yaitu 0,0825 (8,25%), yang berarti bahwa 91,75% model analisis lintas tersebut dapat menjelaskan karakter-karakter yang berpengaruh langsung terhadap hasil. Nilai sisaan analisis lintas penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai sisaan yang dilaporkan oleh Shumbulo, Nigussie & Alamerew (2017), yaitu 0,273 dan 0,1489 oleh Shweta *et al.* (2018), tetapi nilai sisaan studi ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai sisaan yang dilaporkan oleh Vikram, Warshamana & Gupta (2014) yaitu 0,0062 pada kondisi normal.

Pada cekaman 50% kapasitas lapang, karakter jumlah buah dan persentase *fruit set* memiliki pengaruh langsung positif terhadap hasil tanaman cabai, yaitu masing-masing 0,37 dan 0,29, sedangkan persentase bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif dan koefisien korelasi signifikan negatif (Tabel 3), yang berarti makin besar persentase bunga rontok maka penurunan hasil juga akan makin besar. Selanjutnya, pada cekaman yang ekstrim (25% kapasitas lapang), jumlah buah dan persentase *fruit set* memiliki efek langsung positif terhadap hasil yaitu masing-masing 0,74 dan 0,12, sedangkan persen bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif terhadap hasil yaitu -0,12 (Tabel 4) sehingga karakter bunga rontok tidak dapat dijadikan kriteria seleksi pada kondisi ekstrim.

Nilai sisaan (*residual effect*) pada kondisi tercekam 50% adalah 0,3391 (33,91%) dan pada kondisi tercekam ekstrim 25% kapasitas lapang adalah 0,2821 (28,21%), yang berarti bahwa 66,09% dan 71,79% model dapat menjelaskan karakter-karakter yang berpengaruh langsung terhadap hasil pada kondisi 50% kapasitas lapang dan 25% kapasitas lapang. Nilai sisaan pada kondisi tercekam (50% dan 25%) lebih tinggi dibandingkan nilai sisaan pada kondisi normal. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kondisi tercekam terdapat faktor lain diluar parameter pengamatan yang memengaruhi hasil tanaman yaitu, 33,91% pada kondisi 50% kapasitas lapang dan 28,21% pada 25% kapasitas lapang.

Tabel 2. Pengaruh langsung dan tidak langsung beberapa karakter yang berkorelasi terhadap bobot buah per tanaman pada 100% kapasitas lapang pada cekaman pada fase generatif (*Direct and indirect effect of different characters on fruit weight per plant in 100% of water capacity in generative stage*)

Karakter (Characters)	Pengaruh langsung (Direct effect)	Pengaruh tidak langsung (Indirect effect)				Koefisien korelasi terhadap hasil (Coefficient correlations with yield)
		Diameter buah (Fruit width)	Bunga rontok (Flowers abortion) %	Buah terbentuk (Fruit set) %	Jumlah buah (Number of fruit)	
Diameter buah (Fruit width)	0,18		-0,11	-0,11	0,11	0,73*
Bunga rontok (%) (Flowers abortion)	-0,36	0,22		0,35	0,20	-0,93**
Buah terbentuk (%) (Fruit set)	0,36	0,22	-0,35		0,20	0,93*
Jumlah buah (Number of fruit)	0,20	0,11	-0,11	0,11		0,70**

Nilai sisaan = 0,0825; *P < 0,05; **P < 0,01

Tabel 3. Pengaruh langsung dan tidak langsung beberapa karakter terhadap bobot buah per tanaman pada 50% kapasitas lapang di fase pembungaan (*Direct and indirect effect of different characters on fruit weight per plant in 50% of water capacity in flowering stage*)

Karakter (Characters)	Pengaruh langsung (Direct effect)	Pengaruh tidak langsung (<i>Indirect effect</i>)			Koefisien korelasi terhadap hasil (Coefficient correlations with yield)
		Bunga rontok (Flower abortion), %	Buah terbentuk (Fruit set), %	Jumlah buah (Number of fruit)	
Bunga rontok (%) (Flower abortion)	-0,29		0,25	0,28	-0,93**
Buah terbentuk (%) (Fruit set)	0,29	-0,29		0,28	0,93**
Jumlah buah (Number of fruit)	0,37	-0,35	0,35		0,92**

Nilai sisaan (*Residual effect*) = 0,3391; *P < 0,05; **P < 0,01

Tabel 4. Pengaruh langsung dan tidak langsung beberapa karakter terhadap bobot buah per tanaman pada 25% kapasitas lapang di fase pembungaan (*Direct and indirect effect of different characters on fruit weight per plant in 25% of water capacity in flowering stage*)

Karakter (Characters)	Pengaruh langsung (Direct effect)	Pengaruh tidak langsung (<i>Indirect effect</i>)			Koefisien korelasi terhadap hasil (Coefficient correlations with yield)
		Bunga rontok (Flower abortion), %	Buah terbentuk (Fruit set), %	Jumlah buah (Number of fruit)	
Bunga rontok (%) (Flower abortion)	-0,12		0,12	-0,1	-0,89**
Buah terbentuk (Fruit set), %	0,12	-0,12		0,1	0,87**
Jumlah buah (Number of fruit)	0,74	-0,62	0,62		0,95**

Nilai sisaan (*Residual effect*) = 0,2821; *P < 0,05; **P < 0,01

Karakter yang secara langsung berpengaruh terhadap hasil tanaman cabai (bobot buah per tanaman) berbeda pada tiga level cekaman air yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi lingkungan (air tanah) mengubah karakter

tanaman, yang menunjukkan ada interaksi antara genotipe dan lingkungan. Karakter persentase buah terbentuk, diameter buah dan jumlah buah dapat digunakan sebagai kriteria seleksi pada kondisi normal (100% kapasitas lapang), sedangkan kriteria seleksi

pada kondisi tercekam (50% dan 25% kapasitas lapang) adalah jumlah buah dan persentase *fruit set*. Beberapa laporan menyatakan bahwa jumlah buah dapat digunakan sebagai kriteria seleksi berdasarkan korelasi dan analisis lintas di antaranya dilaporkan oleh Sharma, Semwal & Uniyal (2010); Sarkar *et al.* (2009); Rodríguez, Depestre & Gómez (2009); Sreelathakumary & Rajamony (2002). Selanjutnya, Chattopadhyay *et al.* (2011) melaporkan bahwa jumlah buah adalah salah satu indeks seleksi yang paling penting untuk hasil yang tinggi dari *Capsicum annuum* berdasarkan korelasi dan analisis lintas. Devi *et al.* (2018) juga mendapatkan bahwa jumlah buah merupakan karakter yang berpengaruh langsung terhadap hasil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Karakter panjang akar tidak dapat digunakan sebagai kriteria seleksi tanaman cabai yang toleran terhadap kekeringan. Berdasarkan korelasi dan analisis lintas pada kondisi normal (100% kapasitas lapang) dan kondisi tercekam (50% kapasitas lapang), karakter jumlah buah dan persentase *fruit set* dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk perbaikan tanaman cabai yang toleran kekeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Manajemen Dana Pendidikan, Departemen Keuangan, Republik Indonesia untuk pendanaan penelitian ini dengan nomor kontrak PRJ-4576 / LPDP.3 / 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadikhah, A & Marufinia, A 2016, 'Effect of reduced plant height on drought tolerance in rice', 3 *Biotech*, vol. 6, pp. 220–221.
- Akçura, M, Partigoç, F & Kaya, Y 2011, 'Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in Turkish bread wheat landraces', *Journal of Animal and Plant Sciences*, vol. 21, no. 4, pp. 700–709.
- Akinyele, B & Osekita, O 2006, 'Correlation and path coefficient analyses of seed yield attributes in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)', *African Journal of Biotechnology*, vol. 5, no. 14, pp. 1336–1336.
- Aladenola, O & Madramootoo, C 2013, 'Response of greenhouse-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to variable irrigation', *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 94, no. 2, pp. 303–310.
- Ali, MB & El-Sadek, AN 2016, 'Evaluation of drought tolerance indices for wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigated and rainfed conditions', *Communications in Biometry and Crop Science*, vol. 11, no. 1, pp. 77–89.
- Allard, RW 1999, *Principle of Plant Breeding*, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Baigorri, H, Antolin, M & Sanchez-Diaz, M 1999, 'Reproductive response of two morphologically pea cultivars to drought', *European Journal of Agronomy*, vol. 10, no. 2, pp. 119–128.
- Bijalwan, P & Mishra, A 2016, 'Correlation and Path Coefficient Analysis in Chilli (*Capsicum annuum* L.) for Yield and Yield Attributing Traits', *International Journal of Agricultural Science and Research*, vol. 5, no. 3, pp. 1589–1592.
- Blum, A 2005, 'Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?', *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 56, pp. 1159–1168.
- Chakrabarty, S & Islam, AKMA 2017, 'Selection criteria for improving yield in chili (*Capsicum annuum*)', *Advances in Agriculture*, pp. 1–9, <https://doi.org/10.1155/2017/543787> 0%0AResearch.
- Chattopadhyay, A, Baran Sharangi, A, Dai, N & Dutta, S 2011, 'Diversity of genetic resources and genetic association analyses of green and dry chillies of eastern India', *Chilean Journal Of Agricultural Research*, vol. 3, pp. 350–356.
- Comas, LH, Becker, SR, Cruz, VMV, Byrne, PF & Dierig, DA 2013, 'Root traits contributing to plant productivity under drought', *Frontiers in Plant Science*, vol. 4, no. , pp. 1–16.
- Dagdelen, N, Yilmaz, E, Sezgin, F & Gurbuz, T 2004, 'Effects of water stress different growth stage on processing pepper (*Capsicum annuum* cv. kapija) yield water use and quality characteristics', *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 7, No. 12, pp. 2167–2172.
- Devi, MB, Jha, AK, Yumnam, A, Talang, HD, Assumi, SR, Verma, VK, Rymbai, H & Desmukh, NA 2018, 'Study on character association and path analysis in King Chilli (*Capsicum chinense* Jacq.)', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 7, no. 12, pp. 2164–2168.
- Dumlupinar, Z, Kara, R, Dokuyucu, T & Akkaya, A 2012, 'Correlation and path analysis of grain yield and yield components of some turkish oat genotypes', *Pakistan Journal of Botany*, vol. 44, no. 1, pp. 321–325.
- Dwivedi, DK, Kumar, A, Mishra, VK & Dwivedi, S 2012, 'Phenotypic correlation and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.) introgression lines under drought and controlled conditions', *International Journal of Current Research*, vol. 4, no. 7, pp. 007–012.
- Eid, MH 2009, *Estimation of heritability and genetic advance of yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought condition*, <http://www.academicjournals.org/IJGMB>.

18. El-mohsen, AAA, El-shafi, MAA, Gheith, EMS & Suleiman, HS 2015, 'Using different statistical procedures for evaluating drought tolerance indices of bread wheat genotypes', *Advance in Agriculture and Biology*, vol. 4, no. 1, pp. 19–30.
19. Falcetti, M, Stringari, G, Bogani, M & Scinza, A 1995, 'Relationships among pedo-climatic conditions, plant available water and nutritional status of grapevines', *Acta Horticulturae*, no. 383, pp. 289–298.
20. Fang, X, Turner, NC, Yan, G, Li, F & Siddique, KHM 2010, 'Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought', *Journal of Experimental Botany*, vol. 61, no. 2, pp. 335–345.
21. Gencoglan, C, Akinci, IE, Ucan, K, Akinci, S & Gencoglan, S 2006, 'Response of red hot pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to the deficit irrigation', *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 19, no. 1, pp. 131–138.
22. Gomez, KA & Gomez, AA 1984, *Statistical prosedures for agriculture research*, second edition, A Wiley-interscience Publication, New York.
23. V. González-Dugo, F. Orgaz & Fereres, E 2007, 'Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production', *Scientia Horticulturae*, vol. 144, no. 2, pp. 77–82.
24. Gorim, LY & Vandenberg, A 2018, 'Variation in total root length and root diameter of wild and cultivated lentil grown under drought and re-watered conditions', *Plant Genetic Resources*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9.
25. Gunawardena, MDM & De Silva, CS 2014, 'Identifying the impact of temperature and water stress on growth and yield parameters of chilli (*Capsicum annuum* L.)', *OUSL Journal*, vol. 7, no. 0, pp. 25–42.
26. Hasanuzzaman, M & Golam, F 2011, 'Selection of traits for yield improvement in chilli (*Capsicum annum* L.)', *Journal Innovation Development Startegy*, vol. 5, no. 1, pp. 78–87.
27. Hu, W, Huang, Y, Loka, DA, Bai, H, Liu, Y, Wang, S & Zhou, Z 2019, 'Drought-induced disturbance of carbohydrate metabolism in anthers and male abortion of two *Gossypium hirsutum* cultivars differing in drought tolerance', *Plant Cell Reports*, pp. 9–11.
28. Ismail, SM 2010, 'Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annuum* L.)', *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci*, vol. 21, no. 2, pp. 29–43.
29. Jabeen, N, Sofi, PA & Wani, SA 2009, 'Character association in chilli (*Capsicum annuum* L.)', *Revista Cientifica UDO Agrícola*, vol. 9, no. 3, pp. 487–490.
30. Jäger, K, Fábíán, A & Barnabás, B 2008, 'Effect of water deficit and elevated temperature on pollen development of drought sensitive and tolerant winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes', *Acta Biologica Szegediensis*, vol. 52, no. 1, pp. 67–71.
31. Jaimez, R, Vielma, O, Rada, F & Garcia-Nunez, C 2000, 'Effects of water deficit on the dynamics of flowering and fruit production in *Capsicum Chinense* Jacq in a tropical semiarid region of Venezuela', *Journal Agronomy Crop Science*, vol. 183, pp. 113–119.
32. Kalyan, B, Krishna, KVR & Rao, LVS 2017, 'Path Coefficient Analysis for Yield and Yield Contributing Traits in Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 6, no. 7, pp. 2680–2687.
33. Kamanga, RM, Mbega, E & Ndakidemi, P 2018, 'Drought tolerance mechanisms in plants: physiological responses associated with water deficit stress in *Solanum lycopersicum*', *Advances in Crop Science and Technology*, vol. 06, no. 03, pp. 1–8.
34. Kashiwagi, J, Krishnamurthy, L, Crouch, JH & Serraj, R 2006, 'Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress', *Field Crops Research*, vol. 95, no. 2–3, pp. 171–181.
35. Kashiwagi, J, Krishnamurthy, L, Upadhyaya, HD, Krishna, H, Chandra, S, Vadez, V & Serraj, R 2005, 'Genetic variability of drought-avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.)', *Euphytica*, vol. 146, no. 3, pp. 213–222.
36. Lavinia, S, Madoșă, E, Giancarla, V, Ciulca, S & Avădanei, C 2013, 'Studies regarding correlations between the main morphological traits in a collection of bell pepper (*Capsicum annuum* var , grossum) local landraces', *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, vol. 17, no. 2, pp. 285–289, www.journal-hfb.usab-tm.ro.
37. Lorencetti, C, Carvalho, FIF de, Oliveira, AC de, Valério, IP, Hartwig, I, Benin, G & Schmidt, DAM 2006, 'Aplicability of phenotypic and canonic correlations and path coefficients in the selection of oat genotypes', *Scientia Agrícola*, vol. 63, no. 1, pp. 11–19.
38. Mafakheri, A, Siosemardeh, A, Bahramnejad, B, Struik, PC & Sohrabi, E 2010, 'Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars', *Australian Journal of Crop Science*, vol. 4, no. 8, pp. 580–585.
39. Mitra, J 2001, 'Genetics and genetic improvment of drought resistance in crop plant', *Current Science*, vol. 80, no. 9, pp. 758–76.
40. Moosavi, S, Samadi, B. Y, Naghavi, M, Zali, A, Dashti, H & Pourshahbazi, A 2008, 'Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes', *Desert*, vol. 5, no. 12, pp. 165–178.
41. Naghavi, MR, Pour Aboughadareh, A & Khalili, M 2013, 'Evaluation of drought tolerance indices for screening some of corn (*Zea mays* L.) cultivars under environmental conditions', *Notulae Scientia Biologicae*, vol. 5, no. 3, pp. 388–393.
42. Nazari, L & Pakniyat, H 2010, 'Assessment of Drought Tolerance in Barley genotypes', *Journal of Applied Sciences*, vol. 10, no. 2, pp. 151–156.
43. Negi, PS & Sharma, A 2019, 'Studies on variability, correlation and path analysis in red ripe chilli genotypes', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 8, no. 04, pp. 1604–1612.
44. Osakabe, Y, Osakabe, K, Shinozaki, K & Tran, LSP 2014, 'Response of plants to water stress', *Frontiers in Plant Science*, vol. 5, no. MAR, pp. 1–8.
45. Ou, LJ & Zou, XX 2012, 'The photosynthetic stress responses of five pepper species are consistent with their genetic variability', *Photosynthetica*, vol. 50, no. 1, pp. 49–55.
46. Ozukum, C, Seyie, K, Sharma, MB & Chaturvedi, H 2019, 'Studies on correlation and path analysis in Naga King Chilli (*Capsicum chinense* Jacq .)', *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 8, no. 1, pp. 597–599.

47. Pascale, S De, Ruggiero, C & Barbieri, G 2003, 'Physiological responses of pepper to salinity and drought', *Journal American Sociology Horticultural Science*, vol. 128, no. 1, pp. 48–54.
48. Penella, C, Nebauer, SG, López-Galarza, S, San Bautista, A, Rodríguez-Burruezo, A & Calatayud, A 2014, 'Evaluation of some pepper genotypes as rootstocks in water stress conditions', *Horticultural Science*, vol. 41, no. 4, pp. 192–200.
49. R'Him, T & Radhouane, L 2015, 'Growth and yield responses of two Tunisian pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties to salinity and drought stress', *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 14, no. 2, pp. 159–167, , <http://www.ijisr.issr-journals.org/>.
50. Raj, NR, Devi, RCP & Gokulakrishnan, J 2019, 'Effect of Peg-6000 induced drought on physiological indices and correlation of seedling stage traits in maize (*Zea mays* L.) hybrids', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 8, no. 01, pp. 1642–1645.
51. Razi, H & Assad, MT 1999, 'Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower', *Euphytica*, vol. 105, no. 2, pp. 83–90.
52. Rodríguez, Y, Depestre, T & Gómez, O 2008, 'Efficiency of selection in pepper lines (*Capsicum annuum*), from four sub-populations, in characters of productive interest', *Ciencia e Investigacion Agraria*, vol. 35, no. 1, pp. 37–49.
53. Rodríguez, Y, Depestre, T & Gómez, O 2009, 'Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annuum*), provenientes de cuatro sub-poblaciones, en caracteres de interés productivo', *Ciencia e Investigación Agraria*, vol. 35, no. 1, pp. 37–49.
54. Rosmaina, Sobir, Parjanto & Yunus, A 2018, 'Selection criterias development for chili pepper under different field water capacity at vegetative stage', *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 24, no. 1, pp. 80–90.
55. Roy, S, Chatterjee, S, Hossain, A, Basfore, S & Karak, C 2019, 'Path analysis study and morphological characterization of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*.)', *International Journal of Chemical Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1777–1784.
56. Sam-Amoah, LK, Darko, RO & Owusu-Sekyere, JD 2013, 'Water requirement, deficit irrigation and crop coefficients of hot pepper (*Capsicum frutescens* var *legon* 18) using irrigation interval of two days', *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science*, vol. 8, no. 2, pp. 139–146.
57. Sarkar, S, Murmu, D, Chattopadhyay, A, Hazra, P, Chandra, B, Viswavidyalaya, K & Bengal, W 2009, 'Genetic variability, correlation and path analysis of some morphological characters in chilli', *Journal of Crop and Weed*, vol. 5, no. 1, pp. 157–161.
58. Semiz, GD, Suarez, DL, Ünlükara, A & Yurtseven, E 2014, 'Interactive effects of salinity and n on pepper (*Capsicum Annuum* L.) yield, water use efficiency and root zone and drainage salinity', *Journal of Plant Nutrition*, vol. 37, no. 4, pp. 595–610.
59. Sevik, H & Cetin, M 2015, 'Effects of water stress on seed germination for select landscape plants', *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 24, no. 2, pp. 689–693.
60. Sharma, VK, Semwal, CS & Uniyal, SP 2010, 'Genetic variability and Character association analysis in bell pepper (*Capsicum annuum* L.)', *Journal of Horticulture and Forestry*, vol. 2, no. 3, pp. 58–65.
61. Shen, S, Liang, X-G, Zhang, L, Zhao, X, Liu, Y-P, Lin, S, Goa, Z, Wang, P, Wang, Z-M & Zhou, S-L 2019, 'Intervening in sibling competition for assimilates by controlled pollination prevents seed abortion under postpollination drought in maize', *Plant, Cell & Environment*, no. February 2019, pp. 1–13.
62. Showemimo, F & Olarewaju, J. 2007, 'Drought Tolerance Indices in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.)', *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, vol. 1, no. 1, pp. 29–33.
63. Shumbulo, A, Nigussie, M & Alamerew, S 2017, 'Correlation and Path Coefficient Analysis of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) Genotypes for Yield and its Components in Ethiopia', *Advances in Crop Science and Technology*, vol. 05, no. 03, pp. 1–5.
64. Shweta, Basavarajappa, H, Satish, D, Jagadeesha, R & Dileepkumar, CH and A 2018, 'Genetic correlation and path coefficient analysis in chilli (*Capsicum annum* L.) genotypes for growth and yield contributing traits', *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 7, no. 2, pp. 1312–1315.
65. Singh, R & Chaudhary, B 1979, *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis.*, Revised Ed, Kalyani Publishers, New Delhi.
66. Singh, SR, Ahmed, N, Ranjan, JK, Srivatava, KK, Kumar, D & Yousuf, S 2019, 'Assessment of genetic variability, character association, heritability and path analysis in European carrot (*Daucus carota* var. *Sativa*)', *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 89, no. 7, pp. 1140–1144.
67. Sleeper, DA & Poehlman, JM 2006, *Breeding Field Crops, 5th Edition*, 5th Editio, John Wiley & son, New York.
68. Soares, RS, Da Silva, HW, Dos Santos Candido, W & Vale, LSR 2017, 'Correlations and path analysis for fruit yield in pepper lines (*Capsicum chinense* L.)', *Comunicata Scientiae*, vol. 8, no. 2, pp. 247–255.
69. De Souza, CR, Maroco, JP, Dos Santos, TP, Rodrigues, ML, Lopes, C, Pereira, JS & Chaves, MM 2005, 'Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 106, no. 2-3 SPEC. ISS., pp. 261–274.
70. Sreelathakumary, I & Rajamony, L 2002, 'Variability, heritability and correlation studies in chilli (*Capsicum* spp.) under shade', *Indian Journal of Horticulture*, vol. 59, no. 1, pp. 77–83, Elsevier Ltd.
71. Tang, D, Wei, F, Qin, S, Khan, A, Kashif, MH & Zhou, R 2019, 'Polyethylene glycol induced drought stress strongly influences seed germination, root morphology and cytoplasm of different kenaf genotypes', *Industrial Crops and Products*, vol. 137, no. June 2018, pp. 180–186, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.019>.
72. Usman, MG, Rafii, MY, Martini, MY, Oladosu, Y & Kashiani, P 2017, 'Genotypic character relationship and phenotypic path coefficient analysis in chili pepper genotypes grown under tropical condition', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 97, no. 4, pp. 1164–1171.
73. Vaishnavi, B, Khanm, H & Bhoomika, H 2017, 'Correlation and path coefficient analysis in bird's eye chilli (*Capsicum Frutescens* L.) for yield and yield attributing traits', *International Journal of Agricultural Science and Research*, vol. 7, no. 3, pp. 259–266.

74. Vikram, A, Warshamana, IK & Gupta, M 2014, 'Genetic correlation and path coefficient studies on yield and biochemical traits in chilli (*Capsicum annuum* L.)', *International Journal of Farm Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 70–75.
75. Yankov, B & Tahsin, N 2015, 'Genetic variability and correlation studies in some drought-resistant sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes', *Journal of Central European Agriculture*, Journal of Central European Agriculture, vol. 16, no. 2, pp. 212–220.